

Probleme und Lösungen im Labor- und Praxisalltag unter Berücksichtigung der Glaslottechnik

# Befestigung von ZrO<sub>2</sub>-Versorgungen – Teil 1

Ein Beitrag von Dr. Tom O. Blöcker und Ztm. Christian Moss, beide Hamburg/Deutschland

In der heutigen Zeit befinden sich Zahntechniker und Zahnärzte im Spannungsfeld immer schnellerer Produktentwicklungen, aggressiven Marketings mit wohl klingenden Versprechungen, vornehmlich fehlenden klinischen Langzeitstudien und einem nicht zu unterschätzenden Wettbewerbsdruck. Besonders deutlich wird dies beim „Dauerbrenner“ Zirkonoxid und die Frage nach der adäquaten Befestigung. In diesem zweiteiligen Beitrag zeigen die Autoren hinsichtlich dieses Dauerbrenners Probleme auf und versuchen, Lösungen anzubieten.

Zweifelsohne ist Zirkonoxid ein faszinierendes Material. Mit dem zunehmenden Einsatz in der Implantologie und bei prothetischen Versorgungen mehren sich nicht nur Indikationen und Kenntnisse, sondern auch die Probleme. Die Einbindung neuer oder die Veränderung bestehender Konzepte im Praxis- beziehungsweise Laboralltag erfolgt unter Zeit- und Kostendruck und ist damit riskant und potenziell fehlerbehaftet. Dauerhafte Misserfolge können sich allerdings weder Labor noch Praxis leisten. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen eine alio loco\* angefertigte Versorgung. Hier hat der adhäsive Verbund gänzlich versagt. Die Fehlerquellen sind deutlich in der Präparation und der Befestigung zu suchen. Der Kronenblock löste sich bereits durch eine Abformung; weder die Verblockung noch die adhäsive Befestigung konnten die Fehler ausgleichen.

Das werkstoffkundliche und behandlingstechnische Wissen über Zirkonoxid ist umfangreich vorhanden, jedoch sehr widersprüchlich. Für den zeitlich eingespannten Praxis- beziehungsweise Laborinhaber sind die einzelnen Aspekte nur schwer zusammen zu führen und zu sor-

tieren. Quantität schlägt hier leider Qualität – ein Umstand, den die Anwender sehr wohl wahr nehmen. Jeder, der sich etwas näher mit dem Werkstoff Zirkonoxid beschäftigt und sich der wissenschaftlichen Literatur und Fortbildungen widmet, wird dies bestätigen. Die nachfolgenden Beispiele verdeutlichen das Problem: Auf ein und derselben Veranstaltung (Tagung der DGCZ 2005) sprachen Referenten einer Universität über das Thema „Zementierung oxidkeramischer Restaurationen“ und kamen zu exakt gegensätzlichen Aussagen. *Frankenberger* stellte fest, dass die adhäsive Befestigung von Zirkonoxid-Gerüsten keinerlei Vorteil habe, während *Reich* einen deutlichen Vorteil des adhäsiven Zementierens mittels Ätzen, Sandstrahlen und Silanisieren sah [1].

Für fast jede Fragestellung gibt es zahlreiche Studien, die zu diametral gegensätzlichen Aussagen kommen. Dies geht so weit, dass in einem von uns sehr geschätzten Grundlagenwerk zu Oxidkeramiken [2] konträre Aussagen zur tribochemischen Silikatisierung getroffen werden und zwar unter Zitierung der gleichen

Studien! Zitat auf Seite 61 dieses Grundlagenwerks: „Während die tribochemische Silikatisierung mit anschließender Silanisierung auf der glasinfiltrierten Aluminiumoxidkeramik (...) einen guten und dauerhaften Verbund ergab, waren die Ergebnisse auf dicht gesinterten Zirkonoxidkeramiken nicht so zuverlässig.“ Als Nachweis werden Studien von *Friedrich* und *Kern* [3] sowie *Kern* und *Wegner* [4] angeführt. Auf Seite 151 liest man: „In den letzten Jahren wurde in verschiedenen Studien nachgewiesen, dass (...) durch tribochemisches Silikatisieren sowie nachfolgender Silanisierung und Verklebung mit einem dual härtenden Bis-GMA/UDMA-Komposit (...) ein zuverlässiger Verbund zu erreichen ist.“ Angeführt werden unter anderem die beiden oben genannten Studien. Was soll der Praktiker hiervon halten? Etwas provokant, aber treffend hilft *Ernst Houschka* weiter: „Was nützt es dem Menschen, wenn er Lesen und Schreiben gelernt hat, aber das Denken anderen überlässt?“ Aus diesem Grund soll nachfolgend das Thema „Befestigung von Zirkonoxid-Restaurationen“ einer intensiveren Betrachtung unterzogen werden.

## Indizes

- Adhäsive Befestigung
- Befestigungskomposit
- Glaslot
- Präparation
- Single-Retainer-Brücke
- Vollkeramik
- Zementierung
- Zirkonoxid

## Literatur

QR-CODE:



Die Literaturliste erhalten Sie mittels des oben stehenden QR-Codes (Funktionshinweis siehe letzte Seite) oder unter [www.teamwork-media.de](http://www.teamwork-media.de) in der linken Navigationsleiste unter „Journale online“



Abb. 1 Zustand nach Abformung – es offenbart sich eine misslungene adhäsive Zementierung. Der Zement befindet sich größten Teils in den verblockten (!) Kronen. Die Innenflächen scheinen beim Zementieren mit Blut kontaminiert worden zu sein



Abb. 2 Die Pfeilerzähne präsentieren sich mit lediglich 3 mm Stumpfhöhe und einem großen Konvergenzwinkel. Ange-trocknetes Blut ist sichtbar, die Interdentalräume sind stark entzündet. Aufgrund der Verblockung war die Situation schwierig zu reinigen

Tab. 1 Die Kristallstruktur von Zirkonoxid in Abhängigkeit von der Temperatur (Quelle: AG Keramik)

Temperatur	2380 °C	bis 2370 °C	bis 1170 °C	Raumtemperatur
Kristallstruktur	Schmelzpunkt	kubisch	tetragonal	monoklin

#### Weitere Informationen

Dr. Blöcker und Ztm. Moss bieten zum Thema Glaslottechnik Kurse an. Nähere Informationen und Anmeldeunterlagen sind unter [www.oralchirurgie-hamburg.eu](http://www.oralchirurgie-hamburg.eu) oder Fon +49 40 238083-33 erhältlich.

### Grundlagen Zirkonoxid

Eine eindeutige Begrifflichkeit ermöglicht eine erfolgreiche Kommunikation. Man sollte meinen, dass dies eine Selbstverständlichkeit ist, aber bereits diesbezüglich gibt es Probleme. Von Zirkon, Zirkonium, Zirkoniumoxid bis zu Zirkoniumdioxid und Zirkonoxid hört und liest man alles. Welches ist nun aber die korrekte Bezeichnung? Während Zirkon ein Mineral und Zirkonium ein ungiftiges Schwermetall ist, ist Zirkoniumoxid nicht existent und damit ein fehlerhafter Begriff. Richtig wäre eigentlich Zirkoniumdioxid, doch keiner sagt „Di-Aluminium-Trioxid“. Die CAD4practice-Expertenrunde empfiehlt deshalb seit ihrer Konsensuskonferenz die Bezeichnung „Zirkonoxid“ zu verwenden.

Zirkonoxid ist eine Oxidkeramik und hat eine herausragende mechanische Langzeitfestigkeit, die derjenigen konventioneller Dentalkeramiken weit überlegen ist [5, 6]. Die hochfeste Strukturkeramik unterscheidet sich von den Silikatkeramiken – neben der Festigkeit – in einem weiteren bedeutenden Punkt: Sie enthält

keine Glasphase! Aufgrund dessen stehen keine Reaktionspartner für einen effektiven Ätzprozess und die Anwendung der Silanisierung zur Verfügung [7 bis 10]. Um diesen für eine erfolgreiche Zementierung von Restaurationen aus Zirkonoxid eminent wichtigen Punkt zu verstehen, rufen wir uns die Grundlagen der Silanisierung in Erinnerung:

Silane sind Zwittermoleküle, die mit ihrem organischen Anteil an die Matrix des Komposits binden und mit ihrem anorganischen Teil über Si-O-Bindungen mit den Gläsern in der Keramik reagieren [11]. Die tribochemische Silanisierung bezeichnet das Aufbringen einer Silikatschicht mittels Spezialstrahlmittel unter hohem Druck (knapp 0,3 MPa) und damit hoher kinetischer Energie mit anschließender Aufbringung eines Haftsilans. Hierbei wird bei Silikat- und Aluminiumoxidkeramiken vermutlich die Glasphase entfernt und dadurch eine Verankerung der Silikatschicht in den Mikroporositäten bewirkt [12]. Da Zirkonoxid genau diese Glasphase fehlt, erstaunt es nicht, dass bereits mehrere Autoren zu dem Ergebnis kommen, dass die Silani-

sierung auf Zirkonoxid nicht zuverlässig funktioniert [13,14,3,4]. Doch auch hier existieren genau gegensätzliche Erkenntnisse [15 bis 17].

Das Abstrahlen von Zirkonoxid-Gerüsten mittels hohem Druck stellt ein weiteres Problem dar. Hierzu ist erneut ein Ausflug in die Werkstoffkunde erforderlich: Zirkonoxid hat die spezielle Eigenschaft, bei unterschiedlichen Temperaturen in unterschiedlichen Kristallphasen vorzuliegen. Man unterscheidet monoklin, tetragonal und kubisch (Tab. 1). Diese so genannte Phasentransformation findet bei reinem Zirkonoxid spontan statt. Bei der Abkühlung von Sinter- auf Raumtemperatur wandelt sich die Kristallstruktur von tetragonal nach monoklin unter einer Volumenzunahme von 3 bis 5 Prozent. Das führt zu Rissbildungen. Reines  $ZrO_2$  ist daher für die Gerüsterstellung in der Zahntechnik nicht geeignet, sondern wird mit Fremdoxiden, wie zum Beispiel Yttrium, verstärkt. So wird eine spontane Phasenumwandlung verhindert. Dieser Prozess wurde von Garvie et al. 1975 als Phasentransformationsfestigung beschrieben [18].



Abb. 3 Die Bearbeitung von Zirkonoxid-Teleskopen mit wassergekühlter Turbine und speziellen Diamantschleifern nach Moss

Aber auch das verstärkte Zirkonoxid (Y-TZP = Yttria-stabilized-Tetragonal-Zirconium-Polycrystal) reagiert bei externer Energiezufuhr. So führt das Beschleifen zu einer verstärkten Phasentransformation in die monokline Phase (Volumenzunahme) und damit zur Bildung von Mikrorissen. Dies beeinflusst die physikalischen Eigenschaften der Keramik negativ [19 bis 21]. Das Abstrahlen mit hohem Druck stellt ebenfalls eine Zufuhr hoher kinetischer Energie dar und müsste erwartungsgemäß zu einer Schädigung des Gerüsts führen. Einige Autoren fanden aber eine Festigkeitssteigerung durch Korundstrahlen von  $ZrO_2$ -Gerüsten [18, 22,23].

Wie ist das zu erklären? Anscheinend wurde übersehen, dass es sich um ein kurzfristiges Phänomen mit erheblicher Mikroschädigung der Zirkonoxid-Oberfläche handelt. Andere Autoren wiesen nach, dass die wichtige Langzeitfestigkeit durch a) Impaktion von  $Al_2O_3$ -Partikeln in die Oberfläche mit Rissbildung sowie b) die damit auftretende, unerwünschte t/m-Phasenumwandlung reduziert wird. So sind Zhang et al. und Deville et al. der Ansicht, dass das  $ZrO_2$ -Gerüst nicht mit hohem Druck gestrahlt werden darf; die einsetzende, unerwünschte Phasenumwandlung lässt den WAK-Wert unzulä-

sig absinken und das Gerüst wird um 20 bis 30 Prozent geschwächt. Dies wiederum kann zu nachträglichen Sprüngen an der Verblendung führen. Glätte und Unversehrtheit der Oberflächen des gesinterten Gerüsts seien daher entscheidend für die Biegefestigkeit bei Ermüdungsbelastung [24,25]. Rothbrust et al. fanden einen klaren Vorteil hinsichtlich Chipping und Verbundfestigkeit, wenn nicht gestrahlt wurde. Es konnte eine deutliche Schwächung des Verbundsystems nach Sandstrahlen nachgewiesen werden [26]. Dies sieht auch ein Keramikerhersteller so: „... eine Vergrößerung der Retention durch Bestrahlen mit Korundpartikeln (Aluminiumoxid) schädigt die Keramik und ist daher kontraindiziert“ [27].

Wir sind deshalb dazu übergegangen, die Gerüste lediglich im Sinne eines Reinigungsstrahlens mit 0,05 MPa und 50  $\mu$ m zu bearbeiten. Auch die Nachbearbeitung mit Schleifwerkzeugen ist möglichst zu unterlassen. Lässt es sich nicht vermeiden, werden Nachbearbeitungen nur mit einer Turbine unter ausreichender Wasserkühlung vorgenommen [28,29]. Besonders wichtig erscheint dies beim Nachfräsen der Zirkonoxid-Primärkoni bei der Doppelkronentechnik, wie von Blöcker 2005 beschrieben. Hierfür

ist eine invasive Bearbeitung der  $ZrO_2$ -Koni erforderlich [30] (Abb. 3).

Von einigen Seiten wird Zirkonoxid gern mit Begriffen betitelt, wie das „weiße Gold“, „der weiße Stahl“, „korrosionsresistent“ et cetera. Der Anwender läuft Gefahr, Zirkonoxid als metallähnlich zu betrachten und Eigenschaften, Behandlungsabläufe und Präparationstechnik aus der VMK-Technik eins zu eins auf diese Oxidkeramik übertragen zu wollen. Zirkonoxid hat mit Gold oder Stahl so gut wie nichts gemein. Und einer der genannten Termini trifft definitiv nicht zu: Korrosionsresistenz. Ganz im Gegenteil: Auch Oxidkeramiken unterliegen im korrosiven Milieu einem Ermüdungsprozess; allerdings – anders als bei Metallen – aufgrund unterkritischen Risswachstums und Spannungsrisskorrosion [31 bis 33,5] (Abb. 4). Bei Dauerbelastung reduziert sich dadurch die Festigkeit einer keramischen Restauration um etwa die Hälfte [34-36].

Unter dem Aspekt der Langzeitbeständigkeit von Y-TZP in der für Keramik schädlichen Mundhöhle ist daher eine möglichst unversehrte Gerüstoberfläche wichtig. Die Abbildungen 5a und b zeigen ein von Moss entwickeltes Equipment.

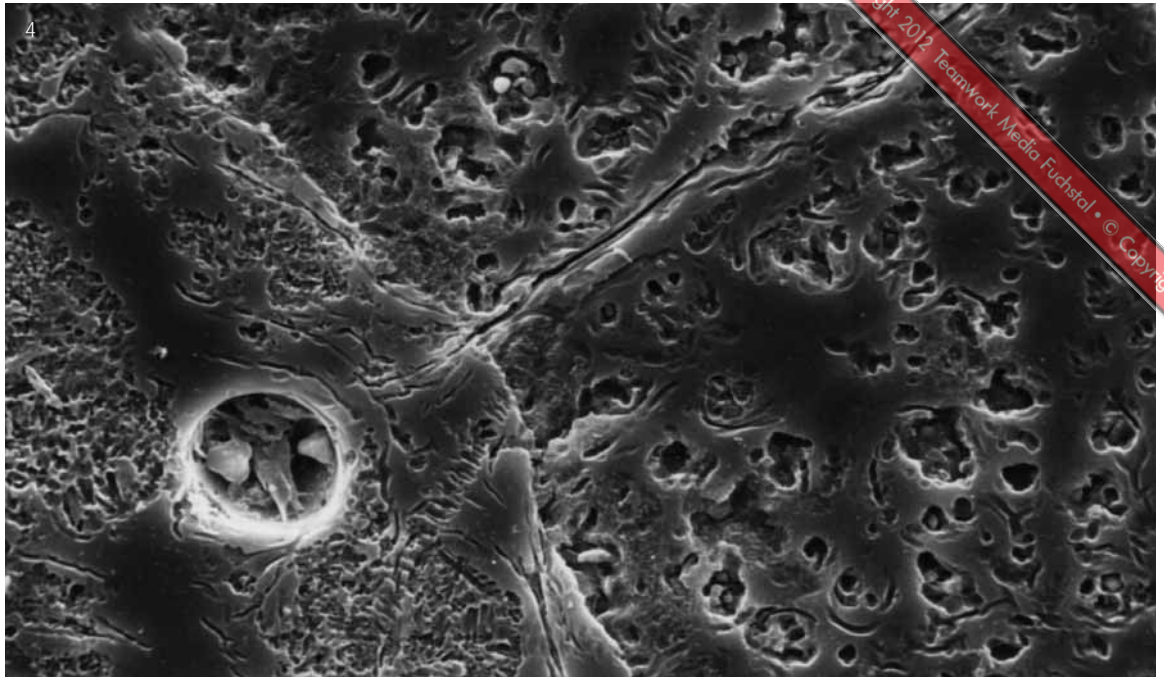


Abb. 4 Ursache für diesen Mikroriss in der Oxidkeramik ist ein Fremdkörpereinschluss in der Keramik (mit freundlicher Genehmigung DCM, Rostock)

Es besteht aus einer Turbine mit einer drehzahlunabhängigen Wasserzufuhr, um auch bei niedrigen Drehzahlen eine ausreichende Kühlung zu erreichen. Die zugehörigen Spezialdiamanten mit einer Rauhtiefe von 80 bis 4 µm erzielen ohne hohen Druck einen extremen Hochglanz (Abb. 6).

Aufgrund der Metastabilität der tetragonalen Phase bei Raumtemperatur ist Zirkonoxid unter feuchten Bedingungen anfällig für eine vorzeitige Alterung [37]. Ausmaß und Verlauf des Alterungsprozesses werden außerdem durch Oberflächenstruktur und -bearbeitung bestimmt (Abb. 7a und b) [25]. Die Langzeitstabilität könnte durch Feuchtigkeit gefährdet sein [38,39]. Ein reales Beispiel zeigt, dass dies nicht nur Theorie ist: 2001 versagten alterungsbedingt innerhalb kürzester Zeit 400 Hüftköpfe aus Y-TZP [40], weil der Hersteller eine Veränderung bei der Produktion dieser Charge vorgenommen hatte. Um den Alterungsprozess unter Feuchtigkeit möglichst zu unterbinden, wird dem Zirkonoxid  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mit einem Anteil von < 5 % zugesetzt. Die Langzeitstabilität wird so signifikant erhöht [39]. Die korrekte Bezeichnung für das in der Zahnmedizin verwendete Zirkonoxid müsste daher lauten: 3Y-TZP-A2.

### Grundlagen der Befestigung

Verschiedene Autoren empfehlen aufgrund der begrenzten mechanischen Belastbarkeit von Glaskeramiken die adhäsive Befestigung [41 bis 43]. Die signifikant höhere Belastbarkeit durch adhäsive Befestigung ist nachgewiesen [44,45]. Hierbei handelt es sich um die schmelz-adhäsive Befestigung. Komposit-Klebeverbindungen bei der dentinadhäsiven Befestigung von Kronen und Brücken aus Zirkonoxid hingegen bringen bis dato keinen wissenschaftlich nachgewiesenen Vorteil [46,1]. Die aufgrund des fehlenden Schmelzes zu befürchtende Polymerisationsschrumpfung birgt die Gefahr von Randspalten [47]. Dennoch wird die adhäsive Befestigung von Zirkonoxid-Restorationen immer wieder ins Gespräch gebracht. Es wird vermutet, dass bei limitierter Stumpfretention oder sehr hohen intraoralen Kräften Vorteile bestehen könnten [12].

Betrachten wir die Grundlagen der adhäsiven Befestigung. Möglich wurde diese durch die Einführung der Säure-Ätztechnik durch *Buonocore* im Jahr 1955 [48] und der Bis-GMA-Kunststoffe durch *Bowen* 1962 [49]. Die bekannten Voraussetzungen für die adhäsive Befestigung sind:

- die absolute Trockenlegung mit Kofferdam,
- die konditionierte Oberfläche des Zahns und
- die konditionierte Oberfläche der Restauration.

### Kofferdam

Eines der beliebtesten Streitthemen in der deutschen Zahnheilkunde scheint der Kofferdam zu sein. Die Diskussion hierüber ist unserer Meinung nach überflüssig. Es ist unbestritten, dass die Verwendung von Kofferdam gravierende Vorteile bietet:

- Schutz des Patienten vor Aspiration oder Verschlucken von kleinen Fremdkörpern
- Schutz der Weichgewebe
- Trockenes und übersichtliches Arbeitsfeld
- Infektionsprophylaxe für Patient und Zahnarzt
- Möglichkeit, das Arbeitsfeld zu desinfizieren
- Zeitersparnis.

Viele Autoren empfehlen explizit die Anwendung eines Kofferdams [50-52]. Denn Speichel, Blut und Sulkusflüssigkeit verringern die Haftkraft adhäsiver



5a

Abb. 5a Turbine und Steuergerät mit drehzahlunabhängiger Wasserkühlung

Restaurationen und werden durch Kofferdam zuverlässig abgehalten [53].

Denkt man genauer nach, stellen sich allerdings folgende Fragen: Woher kommen eigentlich Blut und Speichel auf der Restauration? Wurde vor der Versorgung keine suffiziente PZR- und/oder PA-Behandlung vorgenommen? Wer verletzt die Gewebe so stark, dass Blut fließt? Und was für eine Rolle spielt die Sulkusflüssigkeit bei korrekt präparierten Kavitäten für die Befestigung einer schmelzadhäsiven Restauration? Warum kann man nicht mit einer suffizienten relativen Trockenlegung den Speichel vom Zahn fernhalten? Befestigt der Behandler ohne Assistenz große, subgingival präparierte „Keramikstraßen“ nach der Entfernung überdimensionierter Provisorien?

Kofferdam wird auch kritisch betrachtet. Es bedarf eines deutlich höheren klinischen Aufwands als bei der konventionellen Vorgehensweise. Bei der Verwendung gibt es eine Vielzahl potentieller Fehlerquellen [54], die Technik ist kostenintensiv und zeitaufwändig [55], techniksensitiv und wird häufig kritisiert [56,57]. Sowohl Schäfer [58] als auch Schneemann [59] sind der Ansicht, dass eine absolute Trockenlegung durch Kofferdam nicht erreicht werden kann. Denn: Dentin ist immer feucht [60]. Pulpadruck (20 bis

30 mm Hg) sowie intertubuläre Permeabilität lassen den Dentinliquor ständig nach außen strömen. Kunzelmann stellt fest, dass eine absolute Trockenlegung für moderne Composite bei der Verwendung hydrophiler Dentinadhäsive nicht notwendig ist [61]. Eine dogmatische Kofferdampflpflicht für die adhäsive Zementierung erscheint uns nicht sinnvoll.

Bei der Befestigung von Zirkonoxid-Restaurationen spricht ein weiterer Punkt gegen die Kofferdamanwendung: In der Regel handelt es sich um Kronen und Brücken. Damit ein Kofferdam angewendet werden kann ist, muss supragingival präpariert werden. Dies wird immer wieder gern gefordert, widerspricht aber jedweder Alltagsrealität. Zitat aus einer Dissertation, in der exakte Arbeitsprotokolle zu erwarten sind: „Für beide Befestigungsarten ist nach Möglichkeit die absolute Trockenlegung mittels Kofferdam vor der Zementierung anzustreben. Dennoch ließ die klinische Situation, unter anderem durch die oft subgingivale Lage der Präparationsgrenze, dies meist nicht zu, so dass Maßnahmen zur relativen Trockenlegung mittels Watterollen und Retraktionsfäden (...) getroffen wurden“ [62]. Den erfahrenen Behandler überrascht dies wenig. Aus unserer

Sicht sind supragingivale Präparationen unästhetisch. Einen Keramikrand, der sich durch den „Chamäleoneffekt“ an die Wurzelfarbe anpasst, haben wir bisher noch nie wahrgenommen (Abb. 8a und b). Außerdem ist die Forderung selten sinnvoll, denn die Präparationsgrenze folgt dem Defekt! Unser Behandlungskonzept sieht vor, nur wenig gesunde Zahnschubstanz zu präparieren. Nochmals sei aus der oben genannten Dissertation zitiert: „Für den Präparationsrand wird immer wieder eine supra- oder zumindest äquingivale Lage gefordert. (...) Trotz dieser offenkundigen Vorzüge war es im klinischen Alltag nur selten möglich, diese Forderung einzuhalten, da die Lage der Präparationsgrenze immer den lokalen Gegebenheiten, also in den meisten Fällen der Defektausdehnung, angepasst werden musste.“ In Zahlen ausgedrückt: Von 233 Zähnen konnten für diese Dissertation lediglich 13 Zähne supragingival präpariert werden. Dies entspricht 5,58 Prozent. Ebenfalls interessant: Sechs Kronen dezementierten sich – drei waren adhäsiv und drei konventionell befestigt [62]. Grundsätzlich sehen wir den Kofferdam als sinnvoll an, jedoch nicht aus Gründen der absoluten Trockenlegung. Bei der Befestigung von Kronen und Brücken mit äqui- bis sub-

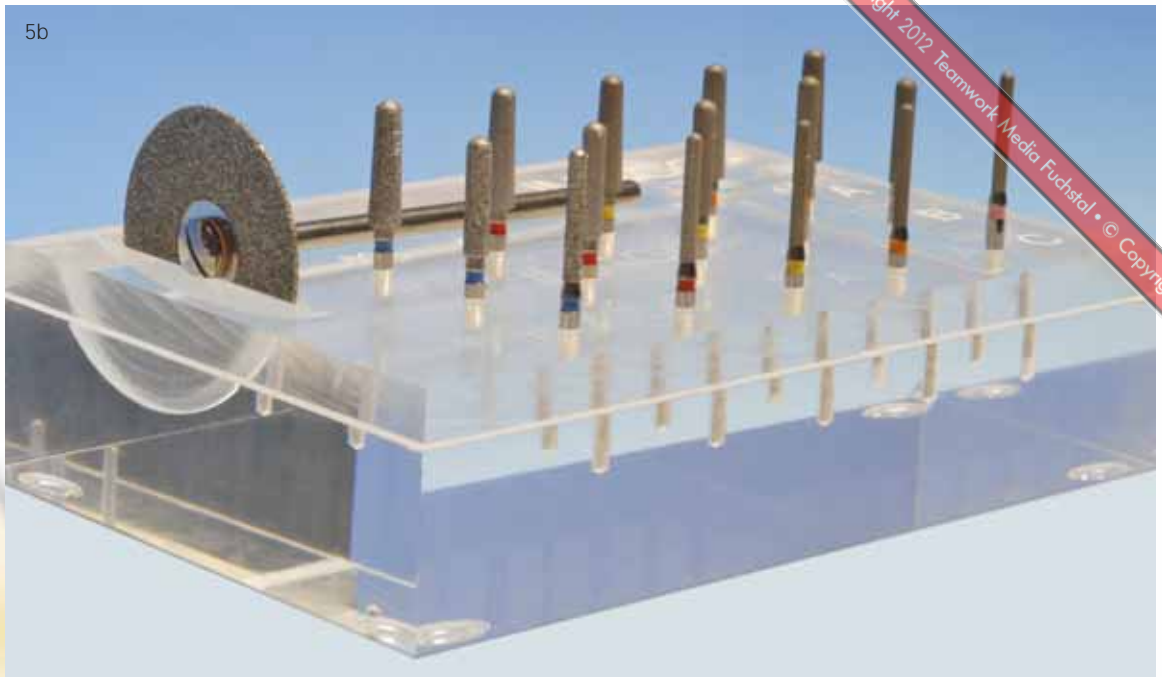


Abb. 5b Die für den Einsatz in der Turbine entwickelten Spezialdiamanten nach Moss

gingivaler Präparation ist er nicht notwendig.

### Konditionierung der Zahnoberfläche

Es erleichtert das Verständnis, wenn wir uns vor Augen führen, mit welchen Geweben wir es zu tun haben. Es sind Schmelz und Dentin und sie können gegensätzlicher nicht sein. Schmelz ist zu 96 % anorganisch (Apatitkristalle = Schmelzprismen) und 4 % organisch (Protein und Wasser). Dentin besteht zu 50 % aus anorganischer, zu 30 % aus organischer Substanz (Kollagen) und zu 20 % aus Wasser [63]. Hieraus ergeben sich für die Zemente unterschiedliche Haftmechanismen.

Die Grundlage der Säure-Ätz-Technik (Haftung an Schmelz), basiert auf der unterschiedlichen Löslichkeit der Zentren und Peripherien der Schmelzprismen. Die Haftung an Dentin funktioniert völlig anders. Die Dentinhaftung kann durch den Erhalt und die Einbeziehung des bei der Präparation entstehenden Smearlayers [64] oder durch die Entfernung desselben geschehen [65]. Die Entfernung der Kollagenbarriere ist Standard. Bei der Entfernung der Schmierschicht unterscheidet man zwei

Möglichkeiten:

- Die vollständige Schmierschichtentfernung durch Konditionierung mit Säuren (zum Beispiel 30 bis 40 %ige  $H_3PO_4$ , Maleinsäure) oder Komplexbildner (EDTA).
- Die Wiederausfällung der gelösten Schmierschichtbestandteile bei Verwendung maleinsäurehaltiger Primer.

Seit 1965 wird an der Entwicklung suffizienter Dentinadhäsive gearbeitet. Heute sind wir in der siebten Generation. Nach vierzig Jahren jedoch, sind noch immer die Adhäsive der dritten Generation führend. Das Hauptproblem bei den Dentinadhäsiven ist die Techniksensibilität. Zu starkes Trocknen bewirkt ein Schrumpfen der Dentinmatrix [66,67] und die kollabierte Faserschicht wirkt als Diffusionsbarriere für das Monomergemisch [68,58]. Ein zu kurzer Abstand des Luftbläfers ist ebenfalls schlecht für die Haftkraft [67], während zu wenig Trocknen selbiges Resultat mit sich bringt. In der Praxis reproduzierbare klinische Ergebnisse im Sinne eines immer gleichen Trocknungsgrades mit gleichem Luftdruck, Abstand des Luftbläfers, Luft- und Adhäsivmenge und Trocknungszeit zu erreichen, ist unrealistisch. Und selbst wenn es gelänge, scheitert die Sa-

che an einem weiteren Problem: Der Beschaffenheit des Dentins in Abhängigkeit von kariösen Prozessen, dem Alter des Patienten und der Nähe zur Pulpa. In Pulpennähe findet sich eine erhöhte Anzahl von Dentintubuli (28 %), während es schmelznah nur 4 bis 10 % sind [69]. Damit kommt es in Pulpennähe zu einem erhöhten Liquoraustritt [70,58]. Bei älteren Patienten findet sich eine Zunahme von sklerosiertem Dentin. Damit ergibt sich eine Verringerung der Haftwerte, weil dieses Dentin weniger säurelöslich ist [71,58]. Diese Unregelmäßigkeiten beeinflussen in erster Linie die adhäsiven Befestigungsmaterialien, die einen chemischen Verbund zu den Zahnhartsubstanzen eingehen [72,73].

### Konditionierung der Restauration

Das Konditionieren einer Keramikoberfläche kann durch Ätzen, Sandstrahlen und Silanisieren erfolgen. Betrachten wir die bisherigen Ausführungen, wird klar, dass Zirkonoxid weder mit Silikat- noch mit Aluminiumoxid-Keramiken verglichen werden kann. Aufgrund der fehlenden Glasphase ist das Ätzen nicht möglich und Silanisieren sowie tribochemische Silikatisierung funktionieren nicht beziehungsweise nicht zuverlässig. Das

Korundstrahlen mit hohem Druck ist umstritten. Schon deshalb scheidet die tribochemische Silikatisierung aus. Abgesehen davon ist sie zeitaufwändig und teuer.

Auch Kleber mit aktiven Monomeren wie zum Beispiel Panavia erfordern ein Anstrahlen mit Korund unter hohem Druck. Während einige in vitro-Studien für diese Art der Befestigung über gute Ergebnisse berichten [4,74,75], zeigen andere Untersuchungen, dass die geforderten klinischen Haftkräfte nicht erreicht wurden. In der Untersuchung von *Langrieger* erzielten Multilink Sprint (pur oder mit Rocatec) sowie Variolink II mit Rocatec nach 90 Tagen Wasserbad die höchsten Scherfestigkeitsswerte ( $>35$  MPa). Die geringsten Haftwerte ( $<6$  MPa) wurden bei Maxcem, Variolink II (pur) und Panavia F2.0 mit ED Primer II festgestellt. Alle anderen Gruppen lieferten Werte zwischen 16 und 26 MPa [76]. *Derand* und *Derand* gaben für ihre Haftfestigkeitsuntersuchungen auf Zirkonoxid nur die klinisch gesicherte Möglichkeit mit Superbond C&B mit Scherwerten von  $19,5 \pm 2,1$  an, während Panavia und Twinlock den Test mit  $8,9 \pm 1,1$  und  $8,9 \pm 1,0$  MPa nicht bestanden [8]. In der Untersuchung von *Behr* [2011] konnte kein einziges Befestigungsprotokoll die geforderten Haftkräfte von 10 MPa erreichen [77]. *Okutan* et al. fanden in vitro keinen signifikanten Unterschied zwischen Ketac Cem und Panavia in Bezug auf Bruchlast und Randspaltverhalten [78] und in einer Dissertation fand sich – nicht signifikant – bei Bruchlastversuchen an Carrara Press-Kronen für Harz-zement eine höhere Haftkraft als für Panavia 21 [79]. Neuerdings gibt es Hinweise, dass bei Verwendung siliziumorganischer Vorbeschichtungen kein dauerhafter Verbund erreicht wird [10]. Besonders problematisch scheint dies bei der Verklebung von Titanabutments mit individuellen Zirkonoxid-Aufbauten zu sein, deren Verbund bei einem Hersteller nach drei bis vier Jahren in hoher Zahl versagte [80]. Noch nicht veröffentlichte Ergebnisse einer von *Tinschert* im Auftrag der Firma DCM (Rostock) vorgenommenen Verbundfestigkeitsuntersuchung unter Mundbedingungen deuten in die gleiche Richtung. Die Fügung titan- und zirkonoxidbasierter Verbundkörper mittels Keramiklot (Hotbond Plus und



Abb. 6 Extremer Hochglanz auf Keramikkoni nach Endfinierung

Zirconect) mit 78 MPa beziehungsweise 72 MPa, war dem Kleben mit Panavia 2.0 mit 29 MPa überlegen [81].

#### In vitro-Studien

Die zahlreichen in-Vitro-Studien zur Haftkraftmessung an Befestigungsmaterialien sind kritisch zu betrachten, da sie kaum untereinander vergleichbar sind, reale klinische Bedingungen nicht abbilden können und reproduzierbare Ergebnisse sogar bewusst ausklammern. Dazu ein Zitat aus einer Dissertation zur Bestimmung der Haftkräfte von Befestigungsmaterialien: „Bei natürlichen Zähnen sind nach *Prati* [1998] die Haftungswerte der Zemente am Dentin stark abhängig von der Beschaffenheit des Dentins. Sklerosiertes Dentin, zu feuchtes oder trockenes Dentin zum Beispiel verringert die Haftung der Kunststoffzemente am Dentin. Der Abstand der Dentinoberfläche zur Pulpa, also die Dentindicke, bestimmt die Weite der Dentintubuli und damit die Haftkräfte [Schaller et al. 1994]. Diese zusätzlichen und schwer kontrollierbaren Einflussfaktoren sollten in der Versuchsreihe umgangen werden“ [82]. Die Variablen, die die Haftkraft beeinflussen, sind vielfältig:

○ der Versuchsaufbau,

- die Art der Testkörper (natürliche Zähne oder Metallstümpfe),
- die Art der Keramik/Legierung,
- die Lagerung der Zähne (Austrocknung),
- die Größe der Retentionsfläche,
- der Konvergenzwinkel,
- der Befestigungszement und
- das Anmischprozedere [83,84,73,85-88].

*Schafhausen* ist der Auffassung, dass die erreichte Retentionskraft der getesteten Befestigungsmaterialien nur innerhalb einer Arbeit oder nur mit einer Arbeit mit exakt identischem Versuchsaufbau verglichen werden kann. Selbst wenn Abzugswerte von ähnlichen Versuchsaufbauten herangezogen werden, differieren die erreichten Werte stark. Für Ketac Cem ließen sich in diversen Arbeiten mit ähnlichem Versuchsaufbau Abzugswerte in einem Bereich von 2,6 bis 6,2 MPa, für Dyract Cem von 1,85 bis 17,8 MPa, und für Rely X Unicem Werte zwischen 2,5 bis 14,5 MPa finden [89-97]. Es können lediglich Tendenzen mit dem Vergleich unterschiedlicher Arbeiten gewertet werden [98]. Auch *Kern* und *Wegner* sind der Ansicht, dass in vitro-Studien vorsichtig zu interpretieren sind und klinische Studien nicht ersetzen können [4].

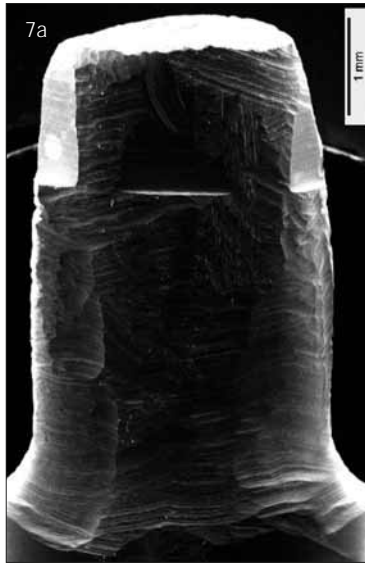


Abb. 7a Beschädigung der Zirkonoxid-Oberfläche durch unsachgemäße Bearbeitung. Der Implantatkopf wurde unter Laborbedingungen mit einem Diamanten präpariert (mit freundlicher Genehmigung der Ziterion GmbH)

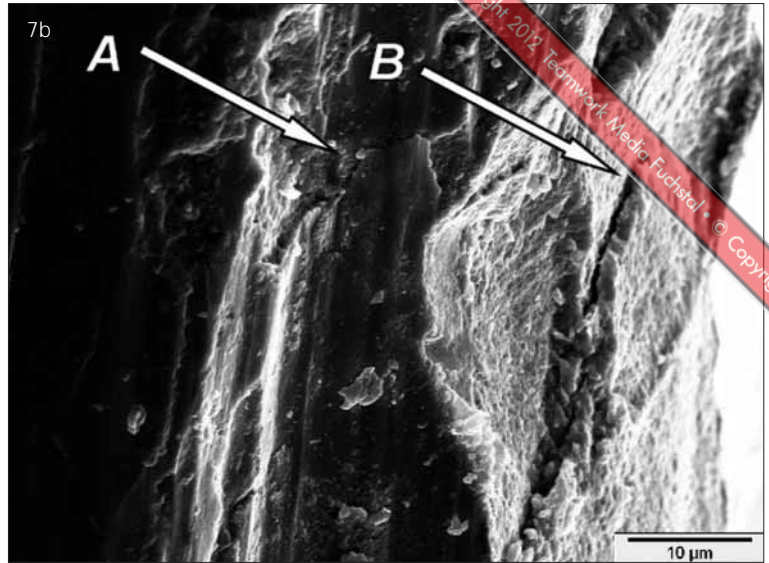


Abb. 7b Schädigungen an der oberen Kante des Implantatkopfes. Die Rissbildung (A) reicht über viele Korngrenzen hinweg und führt zur späteren Absprengung des Bereichs. Der Riss (B) ist über 40 µm lang

### Klinische Studien

Wie sieht es mit klinischen Studien in Bezug auf Zirkonoxid aus? Die Recherche über PubMed/Medline sowie die Handrecherche brachte 175 Arbeiten zu Tage, von denen 25 Abstracts die Kriterien erfüllten (klinische Studie über ZrO<sub>2</sub>-Brücken und/oder -Kronen). Zwei Studien untersuchten nur Kronen, zwei andere Kronen und Brücken und 21 Arbeiten untersuchten nur Brücken. Zwei Studien waren Nachuntersuchungen der gleichen Arbeiten nach einem längeren Zeitraum. Erstaunlicher Weise wurden in 16 Arbeiten die Brücken ausschließlich konventionell, in drei Studien sowohl konventionell als auch adhäsiv und in lediglich einer Arbeit nur adhäsiv zementiert. In drei Abstracts fanden sich keine Angaben zur Zementierung. Auffällig ist die Studie von *Sailer*, in der 15,2 % Chippings und 21,7 % Sekundärkaries auftraten. Hier handelte es sich um einen Cercon-Prototyp mit einer damals noch unpräzisen Passung. Dies konnte durch die Adhäsivzemente Variolink und Panavia nicht ausgeglichen werden. Lediglich vier Studien konnten über fünf Jahre geführt werden. Studien über Einzelkronen aus Zirkonoxid gibt es kaum. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die konventionelle Zementierung bevorzugt wurde

und gut funktionierte, auch wenn es vereinzelt zu Dezementierungen kam. Von echten Langzeitstudien kann allerdings nicht die Rede sein [99-124]\*\*.

Nehmen wir Studien über die konventionelle Zementierung von Glaskeramiken wie Inceram oder Empress näher in Augenschein. Aufgrund ihrer wesentlich geringeren Bruchfestigkeiten sollten diese keramischen Materialien eigentlich adhäsiv zementiert werden. Insgesamt zeigt sich, dass sogar Glaskeramikkronen und -brücken mit hoher Erfolgsrate konventionell zementiert werden können (Tab. 2). Hier zeigen sich aber auch Probleme der adhäsiven Zementierung. *Edelhoff* stellt fest, dass es bei adhäsiv befestigten Kronen zu signifikant häufigeren Randverfärbungen gegenüber konventionell zementierten vollkeramischen Kronen kommt. Unter klinischen Bedingungen sei dies oft zu beobachten. Ergo kann angenommen werden, dass ein optimaler Verbund selten erreicht wird. Es seien somit „microleakages“ entstanden. Adhäsivzemente sollten also nur dann verwendet werden, wenn klinisch optimale Verarbeitungsbedingungen möglich sind. Bei adhäsiv befestigten Kronen zeigten sich etwas schlechtere parodontale Parameter, was auf unvollständig entfernte Überschüsse des adhäsiven Befestigungsmaterials zu-

rückgeführt wurde [126]. *Böning* ist der Ansicht, dass adhäsive Befestigungen ein aufwändiges klinisches und technisches Procedere darstellen und es Schwierigkeiten bei der Trockenlegung und der restlosen Entfernung von Überschüssen in den Kronenrandbereichen gibt. Neben dem möglichen Kariesrisiko stellten Verfärbungen im Randbereich den hohen ästhetischen Anspruch an die Vollkeramik in Frage [127]. Dem gegenüber stehen die Vorteile einer konventionellen Befestigung mit Zementen:

- einfach, kostengünstig, schnell,
- auch anzuwenden, wenn adhäsives Vorgehen wegen Gefahr der Kontamination mit Blut oder Speichel nicht mehr realisierbar ist,
- gute Langzeitbewahrung bis zu 20 Jahre [128,129],
- keine Allergiegefahr.

### Fazit aus der Studienübersicht

Weiter zeigt sich, dass sogar Glaskeramikkronen und -brücken mit hoher Erfolgsrate konventionell zementiert werden können [125-127]. Aufgrund der zuvor genannten Vorteile der konventionellen Befestigung befürworten viele Autoren die konventionelle Befestigung zirkonoxidkeramischer Versorgungen.

\*\*Eine Aufstellung der Studien ist bei den Autoren dieses Beitrags zu erfragen. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.



Abb. 8a Dieses Beispiel demonstriert, dass eine supragingivale Präparation unästhetisch wirken kann



Abb. 8b Dieselbe Krone korrekt platziert

**Tabelle 2 – Konventionelle Befestigung von Glaskeramiken**

<b>Pospiech et al. 1999:</b>	Empress-Brücken adhäsiv gegen konventionell befestigt: Kein Unterschied in der Bruchfestigkeit [124]
<b>Edelhoff et al. 2000:</b>	Empress-Kronen adhäsiv gegen konventionell über vier Jahre: 98,1 % zu 97,8 %, kein Unterschied in der Erfolgsrate [125]
<b>Böning et al. 2006:</b>	e.max keine Unterschied in der Erfolgsrate zwischen konventionell befestigter Vollkeramik und VMK über drei Jahre [97 % zu 100 %]. Die konventionell befestigten Lithiumdisilikat-Glaskeramik-Kronen dieser Studie zeigten im Literaturvergleich auch ähnliche Überlebensraten wie adhäsiv befestigte Kronen aus Lithiumdisilikat-Glaskeramik [126]
<b>Kinnen 2007:</b>	Kein Unterschied zwischen Empress 2 adhäsiv und konventionell über 5 Jahre, nicht randomisiert [62]

Voraussetzungen für die konventionelle Befestigung sind die hohe Festigkeit des Werkstoffs und eine materialadäquate Präparation [132,133,12]. Die Forderung nach adhäsiver Befestigung bei unzureichender Retention ist unserer Meinung nach bei dem derzeitigen Kenntnisstand kritisch zu betrachten. Die Kombination einer nicht sinnvoll zu konditionierenden Oberfläche mit einer komplizierten und fehleranfälligen Technik auf unzureichender Stumpfgeometrie könnte sich zu einem nicht zu verantwortenden Risiko potenzieren. Bisher zementieren wir daher sämtliche Kronen- und Brückenarbeiten mit ZOP\* oder GIZ\*\* und haben damit seit acht Jahren gute Erfahrungen. Dezementierungen sind eine Ausnahme. Wir achten allerdings auf eine gute Stumpfgeometrie (mindestens 4 mm Länge, möglichst 6 mm, aber maximal 12 Grad Konvergenzwinkel, günstiges Verhältnis von Kronenlänge zur Ba-

**Produktliste**

Produkt	Name	Hersteller/Vertrieb
Spezialstrahlmittel Befestigungskomposit Befestigungskomposit	Rocatec	3M Espe
	Panavia	Kuraray
	Multilink Sprint	Ivoclar Vivadent
Kompositzement	Variolink II	
	Maxcem	Kerr Dental
	Superbond C&B	Sun Medical
	Twinlock	Heraeus Kulzer
Glaslot	Hotbond	DCM
	Tizio connect	DCM
	Zirconnect	DCM
	C-Link	steco-system technik
	Imago-Set	steco-system technik
Keramikätzung Diamantschleifer Verblendkeramik Zirkonoxid-Gerüst Fräsmaschine Zink-Oxid-Phosphatzement	Creation	Creation Willi Geller
	5-Achsfräsmaschine	H.C. Starck
	Harvard Cement	Primacon Harvard Dental

sis) und eine präzise Gerüstpassung mit 30 µm Spaltraum. Dies erreichen wir durch eine präzise CNC-Fräsmaschine, die wiederum die manuelle Nachbearbeitung auf ein Minimum reduziert. Die

Adhäsivtechnik könnte für Vollkronen und -brücken nach Schaffung einer konditionierbaren ZrO<sub>2</sub>-Oberfläche mittels Glaslottechnik sinnvoll sein, auf die wir in Teil 2 näher eingehen. ■

\*ZOP: Zinkoxid-Phosphatzement

\*\*GIZ: Glasionomerezement

Teamwork-Media Fuchstal • © Copyright 2012 Teamwork-Media Fuchstal • © Copyright 2012 Teamwork-Media Fuchstal

## Zu den Personen

Dr. Tom O. Blöcker ist Zahnarzt und Fachzahnarzt für Oralchirurgie. In den Jahren 1982 bis 1987 studierte er Zahnheilkunde in Hamburg. Die Approbation sowie die Promotion erfolgten 1988. Von 1989 bis 1992 absolvierte Dr. Blöcker die Weiterbildung zum Fachzahnarzt für Oralchirurgie und ist seit 1994 in eigener oralchirurgischer Überweisungspraxis in Hamburg-Bergedorf niedergelassen. Seit 1996 ist er als Referent, Kursleiter und Autor tätig. In den Jahren 2000 bis 2003 war Dr. Blöcker Schriftführer des NLI und ZE-Gutachter der KZV Hamburg. Dr. Tom O. Blöcker ist Mitglied der DGZMK, DGEEndo, DGFDT, DGI, DGP, BDO und BDIZ EDI sowie der CAD4practice-Expertengruppe. Sein Tätigkeitsfeld umfasst die Implantologie, die Parodontologie, die Mikrochirurgie und -endodontie, die Funktionsdiagnostik und -therapie sowie ästhetik- und funktionsorientierte Gesamtrehabilitationen mit Vollkeramik.

Ztm. Christian Moss ist seit 1993 Meister der Zahntechnik. Bereits seit 1987 beschäftigt er sich intensiv mit dem Bereich der Implantologie und entwickelte verschiedene prothetische Hilfsteile (Titanröhren für Bohr- und CT-Schablonen, Schraubkanal-Finisher). Im Jahr 1990 begann er seine Öffentlichkeitsarbeit und ist seither im Bereich der Implantattechnologie als Referent bekannt und angesehen. Mit seiner Expertise ist er beratend für einige Implantatanbieter tätig. Von 2000 bis 2004 war er Mitinhaber von Sirius Dental Innovations. Heute hat er ein eigenes Dentallabor und ist unter anderem mit der Entwicklung dentaler Geräte (Markennamen IMAGO) beschäftigt. Ztm. Moss ist Mitglied in der dental excellence international laboratory network e.V., der Studygroup Prof. Mick Dragoo, CAD4 practice-Expertengruppe sowie im Beirat der Fachgesellschaft für Digitale Zahntechnik e.V.. Außerdem ist er Referent zum Thema Zirkonoxid und der Galvano-Keramik-teleskoptechnik sowie Berater und Referent zum Thema „Hot Bond“.

## Kontaktadressen

Dr. Tom O. Blöcker • Zahnarzt, FZA für Oralchirurgie • Chrysanderstraße 35 • 21029 Hamburg-Bergedorf  
Fon +49 40 7212293 • [praxis@dr-bloecker.de](mailto:praxis@dr-bloecker.de)

Ztm. Christian Moss • Moss Laboratorium für Zahn- und Implantat-Technik • Sachsenfeld 3-5 • 20097 Hamburg  
Fon +49 40 238083-33 • [christian-moss@t-online.de](mailto:christian-moss@t-online.de)

